

PLANEJAMENTO DOS TRANSPORTES

APOSTILA 4

PLANEJAMENTO e REDES de TRANSPORTES

Manaus, 2019

ANTONIO ESTANISLAU SANCHES

Engenheiro Cartógrafo e Civil





A demanda por transporte é totalmente dependente das características físicas e socioeconômicas da região de estudo. Qualquer modificação no uso e na ocupação do solo, geram grandes efeitos sobre a movimentação dos indivíduos. Igualmente, no transporte regional de carga, a demanda depende tanto do desenvolvimento da região produtora, quanto dos mercados consumidores.

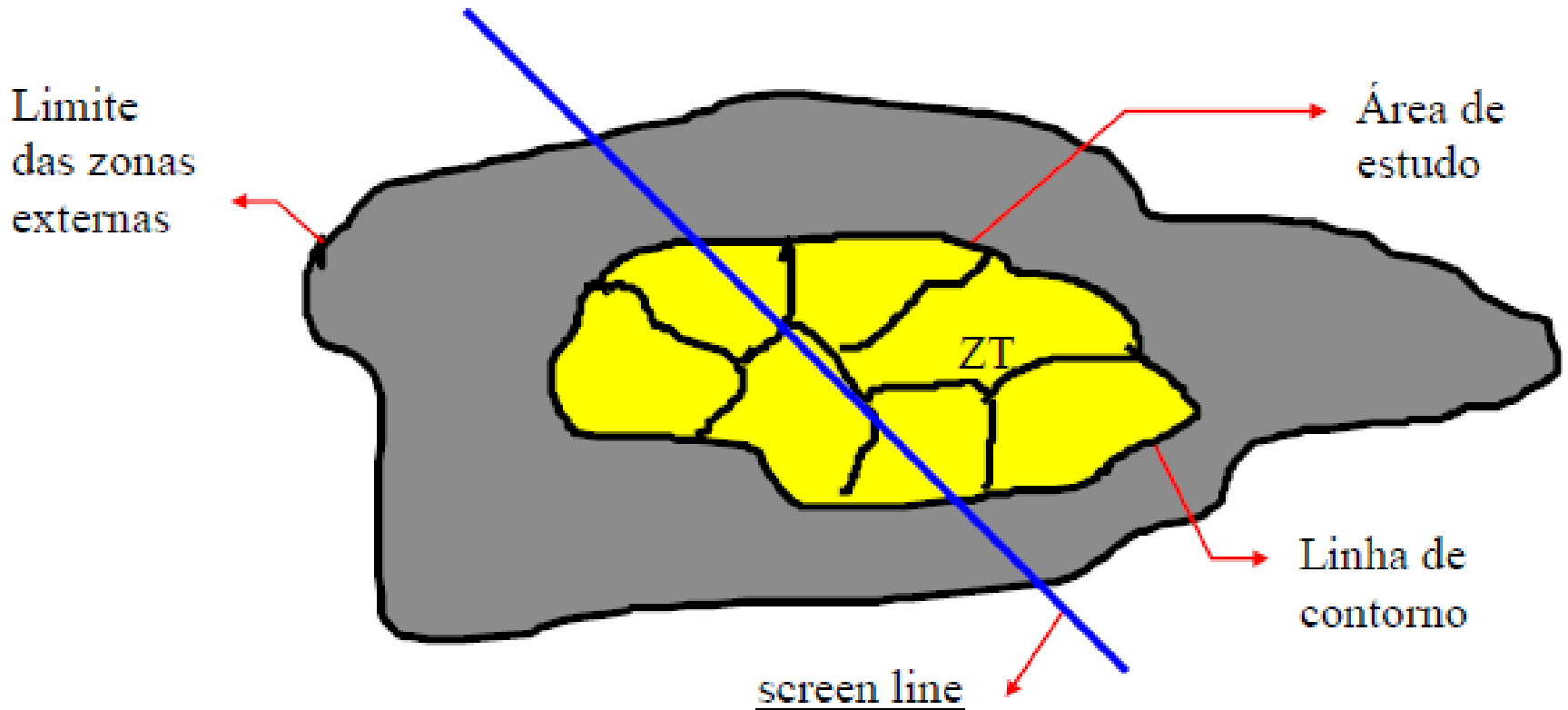
A COLETA DE DADOS PARA O PLANEJAMENTO tem por objetivo definir o padrão de viagens, o uso do solo na área de estudo e fazer um diagnóstico sobre o sistema de transporte existente, pesquisando:

- a) Padrão de Viagens** que engloba todos os movimentos: internos, externos e internos-externos na área de estudo e os horários em que os mesmos acontecem. Já nas áreas rurais é necessário observar a sazonalidade dos produtos e insumos (cargas);
- b) Padrão de Uso e Ocupação do Solo** para as diversas atividades desenvolvidas, como: residencial, comercial, industrial, agricultura, lazer e etc.

DEFINIÇÃO DA ÁREA PARA O PLANEJAMENTO identificando-a através da área de estudo ou zona de tráfego (**ZT**); dos limites das zonas externas; da linha de contorno (**cordon line**) e, no caso de transporte urbano, a linha de intersecção (**screen line**).

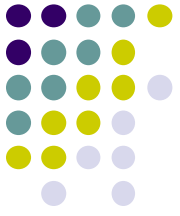
NOÇÕES DE PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES | ●●●●

DEFINIÇÃO DA ÁREA PARA O PLANEJAMENTO identificando-a através da área de estudo ou zona de tráfego (ZT); dos limites das zonas externas; da linha de contorno (**cordón line**) e, no caso de transporte urbano, a linha de intersecção (**screen line**).



Screen line é uma linha que corta a área de estudo, nos principais pontos de intersecção com ruas ou rodovias, pode ser também, rios ou cursos d'água, via férrea, ou qualquer outro obstáculo.

PESQUISA PARA O PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES



a) Levantamentos Gerais

Propiciam o conhecimento geral do sistema e envolvem pesquisas sobre planos existentes: legislação, uso do solo, sistemas viários, terminais, transporte público, aspectos socioeconômicos, operações de tráfego, etc.

b) Pesquisas Origem / Destino (O/D)

Existem diversos modos de ser realizar a pesquisa: entrevista domiciliar, por telefone, por mensagens, na via pública, etc.

c) Volume de Tráfego

É o número de veículos que passa numa determinada seção de uma via, numa uma unidade de tempo. Esses volumes podem se referir a um ou aos dois sentidos da via, ou podem ser considerados apenas uma parcela da seção (*uma faixa, uma pista, etc.*) e ter como unidade básica de tempo o período de um ano, um dia ou uma hora.

d) Volume Médio Diário (VMD) – Volume Diário Médio (VDM) – Tráfego Médio Diário (TDM) ou Tráfego Diário Médio (TDM)

Trata-se do volume ou do tráfego registrado em um dia (24 horas), utilizado para: *avaliar a distribuição de tráfego; medir a demanda de uma via; programar melhorias básicas.*

PESQUISA PARA O PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES

e) Volume Médio Diário Anual (VMDA) – Volume Diário Médio Anual (VDMA) – Tráfego Médio Diário Anual (TDMA) ou Tráfego Diário Médio Anual (TDMA)

Trata-se do volume de tráfego que representa a MÉDIA de um ano, é o volume que multiplicado por 365 dias, irá representar a quantidade total de veículos que transitaram nessa via, em um ano.

f) Fator de Hora de Pico (FHP)

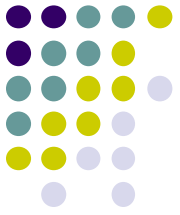
$$FHP = \frac{V_{HP}}{4 * V_{15}} \text{ onde: } V_{HP} = \text{volume da hora de pico ou Volume de Tráfego Horário;}$$

V_{15} = volume dos 15 minutos consecutivos de maior tráfego, dentro da hora de pico.

Teoricamente o FHP oscila entre os valores de 0,25 a 1,00 mas, em geral seu valor fica na ordem de 0,85 que equivale ao volume dos 15 minutos correspondentes a 30% do volume da hora de pico.

A parcela $4 * V_{15}$ chama-se TAXA DE FLUXO, ou FLUXO, que equivale ao volume de uma hora = volume horário.

Atente que o Fluxo de Tráfego (Taxa de Fluxo) sempre será MAIOR que o Volume de Tráfego Horário (V_{HP}).



g) Coeficiente de Variação Mensal (CVM) e Fator de Variação Mensal (FVM)

O Coeficiente de Variação Mensal (CVM) fornece o coeficiente do tráfego de um determinado mês do ano, em relação ao tráfego médio do ano, ou seja: $CVM = \frac{TDM}{Média_{TDM}}$.

Já o Fator de Variação Mensal (FVM) é o inverso do Coeficiente de Variação Mensal, ou seja: $FVM = \frac{Média_{TDM}}{TDM}$.

O mesmo tratamento será concedido para o **CVS** e **CVH** – respectivamente, Coeficiente de Variação Semanal e Coeficiente de Variação Horária; de forma semelhante para o **FVS** e **FVH**.

PESQUISA PARA O PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES

Exemplo de cálculo do CVM e FVM

Considere-se uma determinada rodovia hipotética, onde se realizaram pesquisas de tráfego durante os doze meses de um determinado ano.

As pesquisas foram realizadas no mesmo local em cada mês, durante os 7 dias da semana. Os valores lançados na coluna 2, do Quadro 1, indicam o número de veículos (*automóveis*) registrados num dia (**VDM** ou **TMD**). Calcule os CVM e FVM de cada um dos meses.

$$CVM = \frac{TDM}{Média_{TDM}}$$

$$FVM = \frac{Média_{TDM}}{TDM}$$

QUADRO 1			
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4
MESES	TMD	CVM	FVM
Janeiro	6.999		
Fevereiro	5.799		
Março	4.793		
Abril	2.814		
Maiο	2.311		
Junho	2.094		
Julho	3.603		
Agosto	2.953		
Setembro	3.149		
Outubro	3.342		
Novembro	3.306		
Dezembro	4.452		
Somatório			
Média			

PESQUISA PARA O PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES

SOLUÇÃO do Exemplo de cálculo do CVM e FVM

Considere-se uma determinada rodovia hipotética, onde se realizaram pesquisas de tráfego durante os doze meses de um determinado ano.

As pesquisas foram realizadas no mesmo local em cada mês, durante os 7 dias da semana. Os valores lançados na coluna 2 do Quadro 1 indicam o número de veículos (*automóveis*) registrados num dia (**VDM** ou **TMD**).

SOMATÓRIO do TDM = **45.615**

MÉDIA do TDM = $\frac{\Sigma}{12} = \mathbf{3.801}$

CVM de Janeiro = $\frac{6.999}{3.801} = \mathbf{1,841}$

FVM de Janeiro = $\frac{3.801}{6.999} = \mathbf{0,543}$

E assim sucessivamente.....

QUADRO 1			
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4
MESES	TMD	CVM	FVM
Janeiro	6.999		
Fevereiro	5.799		
Março	4.793		
Abril	2.814		
Maior	2.311		
Junho	2.094		
Julho	3.603		
Agosto	2.953		
Setembro	3.149		
Outubro	3.342		
Novembro	3.306		
Dezembro	4.452		
Somatório			
Média			

PESQUISA PARA O PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES

SOLUÇÃO do Exemplo de cálculo do CVM e FVM

Considere-se uma determinada rodovia hipotética, onde se realizaram pesquisas de tráfego durante os doze meses de um determinado ano.

As pesquisas foram realizadas no mesmo local em cada mês, durante os 7 dias da semana. Os valores lançados na coluna 2 do Quadro 1 indicam o número de veículos (*automóveis*) registrados num dia (**VDM** ou **TMD**).

SOMATÓRIO do TDM = **45.615**

MÉDIA do TDM = $\frac{\Sigma}{12} = \mathbf{3.801}$

CVM de Janeiro = $\frac{6.999}{3.801} = \mathbf{1,841}$

FVM de Janeiro = $\frac{3.801}{6.999} = \mathbf{0,543}$

E assim sucessivamente.....

QUADRO 1			
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4
MESES	TMD	CVM	FVM
Janeiro	6.999	1,841	0,543
Fevereiro	5.799	1,526	0,656
Março	4.793	1,261	0,793
Abril	2.814	0,740	1,351
Maior	2.311	0,608	1,645
Junho	2.094	0,551	1,815
Julho	3.603	0,948	1,055
Agosto	2.953	0,777	1,287
Setembro	3.149	0,828	1,207
Outubro	3.342	0,879	1,137
Novembro	3.306	0,870	1,150
Dezembro	4.452	1,171	0,854
Somatório	45.615		
Média	3.801		

PESQUISA PARA O PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES

A unidade de medidas, usualmente empregada, na avaliação do volume de tráfego é o **número de veículos/hora** em uma via, ou por dia, ou por semana....por ano.

Logicamente, para se determinar o volume de tráfego em um ano, torna-se necessário realizar uma pesquisa, ininterrupta durante os 365 dias do ano, porém, tais pesquisas apresentam alto custo e normalmente, são realizadas em períodos curtos, de alguns dias e/ou no máximo, em algumas semanas.

Portanto, urge a necessidade de transformar as informações coletadas num período de tempo, menor que um ano, em informações que correspondam ao TMDA (Tráfego Médio Diário Anual), afim de multiplica-lo por 365 para se obter o valor correspondente ao total de veículos que trafegam na via em um ano.

Para isso, surge a necessidade de CORRIGIR o valor obtido na pesquisa, para ADEQUÁ-LO ao valor esperado, ou seja, o TMDA.

Para realizar tal correção, multiplicamos os valores obtidos na pesquisa realizada “*in loco*”, por um FATOR DE CORREÇÃO (FC). Outro complicador é que esse fator de correção é obtido com base em uma OUTRA rodovia. Para tanto foi criado o conceito de RODOVIA CORRELATA, sendo uma outra rodovia com tráfego similar e, portanto, realiza-se o cálculo do (FC) com base nessa rodovia correlata.

E como obter o FC??

PESQUISA PARA O PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES

E como obter o FC??

O FATOR DE CORREÇÃO (FC) que deverá multiplicar os dados da pesquisa de tráfego é formado pelos três fatores de variação, conforme a expressão matemática abaixo:

$$\text{FC} = \frac{1}{\text{CVH} \times \text{CVS} \times \text{CVM}} \quad \text{ou} \quad \text{FC} = \text{FVH} \times \text{FVS} \times \text{FVM}$$

ou uma combinação desses fatores, como, por exemplo:

$$\text{FC} = \frac{\text{FVH}}{\text{CVS} \times \text{CVM}}$$

E utilizar o FC??

Caso a pesquisa atual seja realizada durante as 24 horas de cada dia, os valores de CVH ou FVH serão iguais a 1;

Caso se realizem 7 dias consecutivos de pesquisa, 24 horas diárias, somam-se os dados de todos os dias dividindo-se por 7, a fim de se obter a média aritmética e multiplica-se essa média aritmética pelo FATOR DE CORREÇÃO (FC), fazendo-se CVH e CVS ou FVH e FVS iguais a 1.

PESQUISA PARA O PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES



$$FC = \frac{1}{CVH \times CVS \times CVM}$$

ou

$$FC = FVH \times FVS \times FVM$$

ou uma combinação desses fatores, como, por exemplo:

$$FC = \frac{FVH}{CVS \times CVM}$$

E utilizar o FC??

Caso não sejam conhecidos os valores dos Fatores de Variação da via em estudo, adota-se o de uma via correlata que haja disponível;

O número de veículos encontrado na pesquisa de campo, multiplicado pelo FATOR DE CORREÇÃO (FC) define o tráfego atual, chamado, então, de Tráfego Médio Diário Anual (TMDA), ou Volume Médio Diário Anual (VMDA).

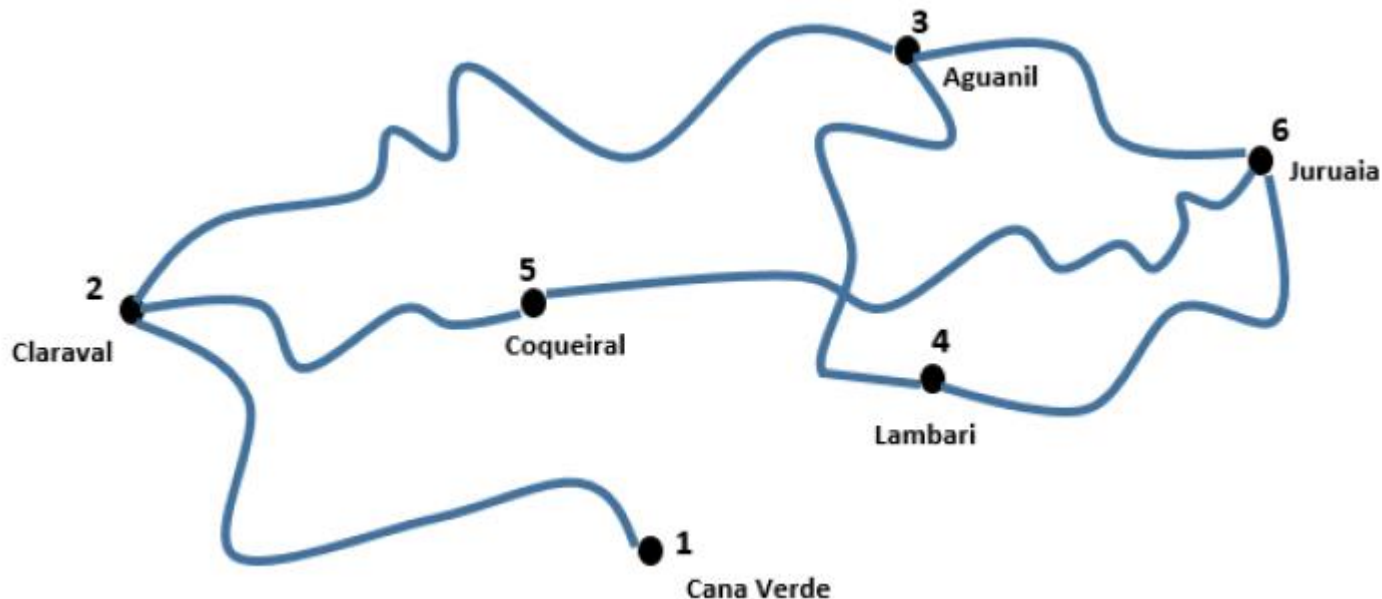
REDES DE TRANSPORTES

Redes de Transporte

Uma *rede* é uma representação matemática do fluxo de veículos, pessoas e cargas entre pontos servidos por um sistema de transporte. Embora o termo *rede* frequentemente tenha outros significados, será focado principalmente no conceito de seu emprego.

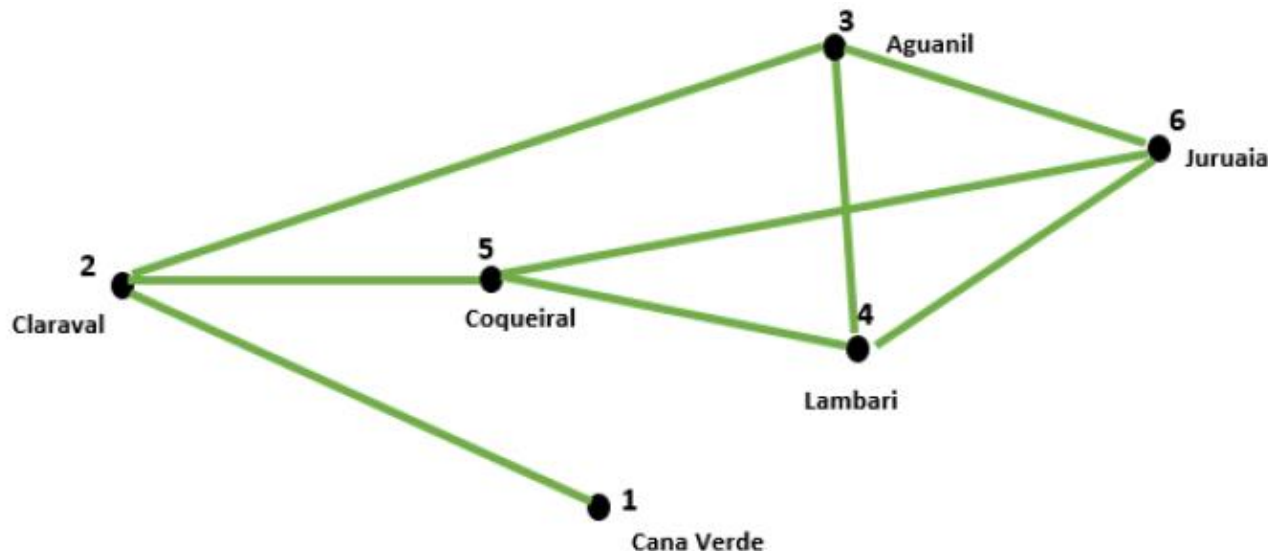
Elementos da rede

Uma rede se constitui de arcos e nós. Os nós são pontos notáveis no espaço, e os arcos são as ligações entre os nós. Para entender melhor a definição de uma rede de transporte considere-se a figura abaixo, que representa as ligações rodoviárias entre algumas cidades.



REDES DE TRANSPORTES

O diagrama da figura abaixo, se constitui numa representação gráfica de uma rede que representa o sistema de transporte rodoviário servindo uma região. Cada cidade é um nó, e cada ligação rodoviária é um arco. Um arco pode conter fluxo de veículos nos dois sentidos ou apenas em um sentido.



Nós e arcos da rede de transporte

Nó	Cidade	Arco	Ligação	Tipo do arco
1 (CVD)	Cana Verde	1-2	Cana Verde – Claraval	bidirecional
2 (CLV)	Claraval	2-3	Claraval – Aguanil	bidirecional
3 (AGN)	Aguanil	2-5	Claraval – Coqueiral	bidirecional
4 (LBR)	Lambari	3-4	Aguanil – Lambari	bidirecional
5 (CQR)	Coqueiral	3-6	Aguanil – Juruiaia	bidirecional
6 (JRA)	Juruiaia	4-6	Lambari – Juruiaia	bidirecional
		5-6	Coqueiral – Juruiaia	bidirecional

Fonte: Setti, 1999

Além da representação gráfica as redes também, podem também ser representadas matricialmente, conforme mostra a próxima figura, que contém a representação matricial do sistema de transportes servindo a região mostrada.

REDES DE TRANSPORTES



Análise da rede

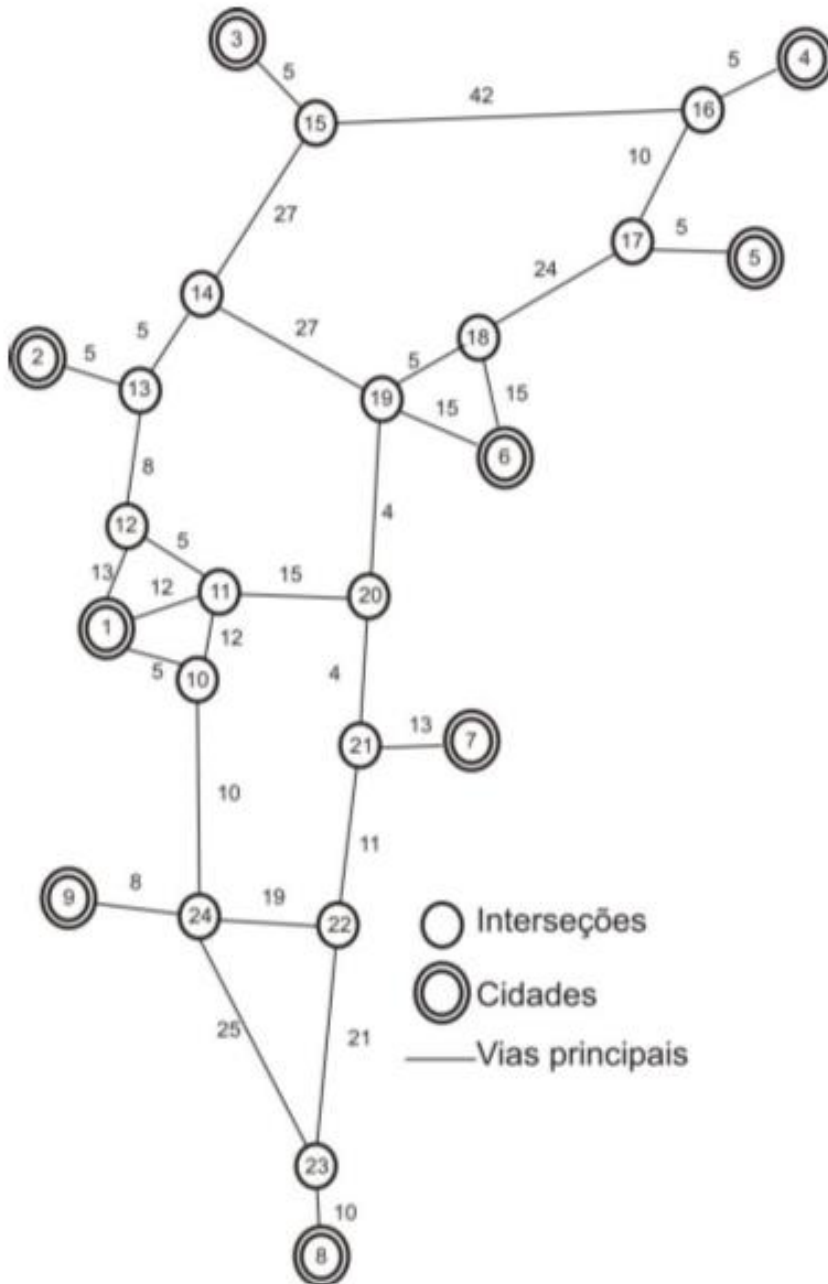
Um sistema de transportes é representado como uma rede que descreve os componentes individuais do sistema e seu relacionamento com alguma característica importantes.

As características mais importantes dos sistemas de transportes são: *tempo de viagem, distância e custos.*

A próxima figura ilustra a rede metropolitana de uma determinada cidade, evidenciando tanto as interseções, quanto as cidades, que estão numeradas e relacionadas aos arcos, que ligam estes nós. Neste ARCO está descrito um valor (*número*), que pode representar o **tempo médio de viagem** (*em minutos*), a **distância em quilômetros** (*km*), o **custo em reais** (*R\$*) ou qualquer outra característica de interesse, entre um ponto e outro.

É importante insistir que o “caminho mínimo” entre os nós de uma rede, podem ser expressos por qualquer uma das características supra citadas, que são: *distância, custo, segurança, condição da via* ou qualquer outro fator que se achar importante e seja decisivo na tomada de decisão.

REDES DE TRANSPORTES



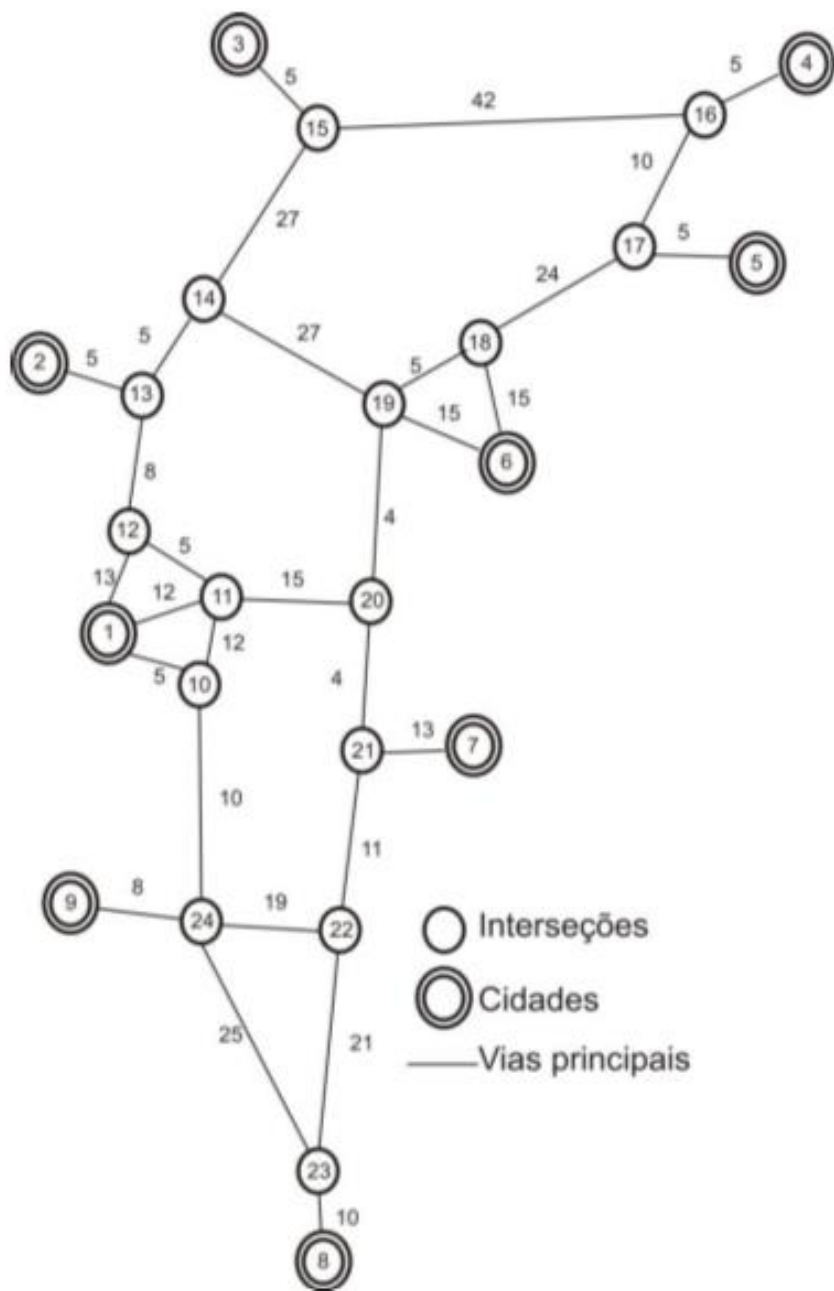
Rede de transporte da região metropolitana de uma determinada cidade

Ilustrando o caso de uma viagem do **nó 1** para o **nó 8** verifica-se que a viagem foi realizada através dos arcos (1:10), (10:24), (24:23) e (23:8) e gastou-se $5 + 10 + 25 + 10 = 50$ (min, km, R\$, etc).

Porém, para este mesmo deslocamento, existem outros possíveis caminhos, tais como (1:11), (11:20), (20:21), (21:22), (22:23) e (23:8).

Neste segundo caso teremos:
 $?? + ?? + ?? + ?? + ?? + ?? = ??$ (min, km, R\$, etc).

REDES DE TRANSPORTES



Rede de transporte da região metropolitana de uma determinada cidade

Ilustrando o caso de uma viagem do **nó 1** para o **nó 8** verifica-se que a viagem foi realizada através dos arcos (1:10), (10:24), (24:23) e (23:8) e gastou-se **5 + 10 + 25 + 10 = 50 (min, km, R\$, etc)**.

Porém, para este mesmo deslocamento, existem outros possíveis caminhos, tais como (1:11), (11:20), (20:21), (21:22), (22:23) e (23:8).

Neste segundo caso teremos: **12 + 15 + 4 + 11 + 21 + 10 = 73 (min, km, R\$, etc)**.

Assim sendo, é muito importante especificar o caminho que foi utilizado.

REDES DE TRANSPORTES

em encontrar o **DESLOCAMENTO** que ofereça o menor custo, ou seja, o valor **MÍNIMO** da soma dos custos (*ou tempos*), associados com os arcos que compõe o caminho à ser percorrido.

Um procedimento bastante simples foi desenvolvido para achar estes caminhos mínimos na rede.

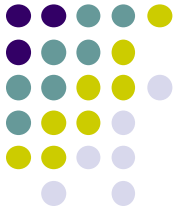
Trata-se de um método denominado de **ÁRVORE DE CAMINHO MÍNIMO**.

Consiste na aplicação de um procedimento matemático chamado **Programa Dinâmico**.

É um procedimento bastante simples, que pode ser ilustrado através de um exemplo, com a utilização da figura estampada no SLIDE anterior, para este propósito.

Sabendo-se que nesta rede os tempos de viagem são associados por linhas. Portanto, o problema proposto consiste em determinar o caminho mínimo, partindo-se do **nó 1** para os demais nós (*idades*) da rede, com menor tempo para a realização dessa viagem.

REDES DE TRANSPORTES



Cálculo do caminho mínimo com emprego da “*árvore do caminho mínimo*”

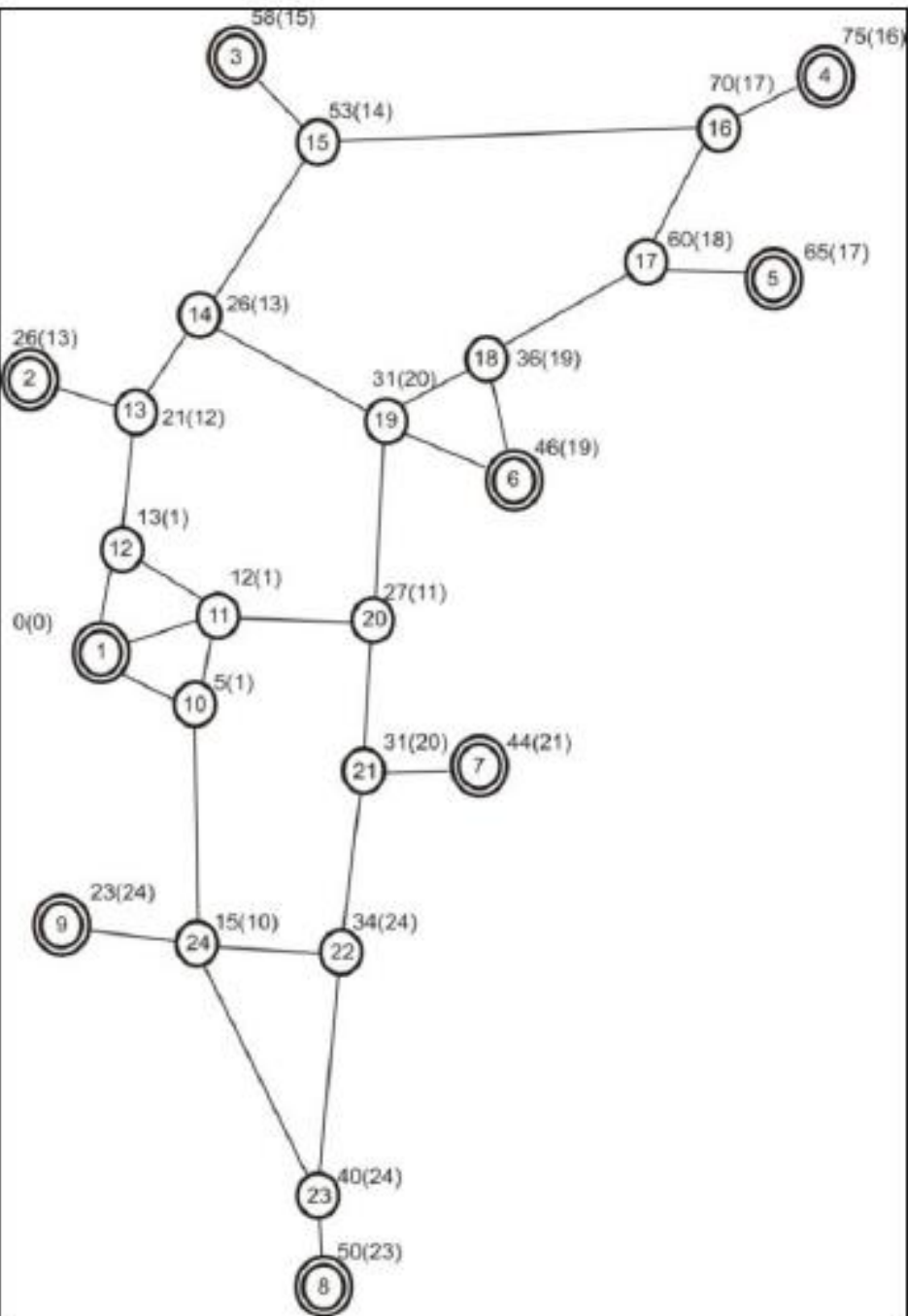
O problema consiste em determinar o caminho mínimo entre os nós **1** e **4**.

A solução consiste em realizar o deslocamento **seguindo o CAMINHO INVERSO**, ou seja, **do nó 4** para o **nó 1**:

Para sabermos o caminho de um nó para o outro, basta olharmos para o nó de chegada, ou de onde viemos, até chegar neste nó.

Faremos assim o caminho inverso, até chegarmos ao **nó 1**. Para saber qual o caminho mínimo do **nó 1** até o **nó 4**, devemos:

REDES DE TRANSPORTES



para saber qual o caminho mínimo **do nó 1 até o nó 4**, devemos:

- Olhar para o **nó 4** verificar de onde partimos para chegar até ele, neste caso observa-se que a informação contida ao lado do nó 4, diz que **viemos do nó 16** (está entre parêntesis);
- Vamos então para o **nó 16** e fazemos a mesma verificação, constatando que para chegar até o nó 16, **viemos do nó 17**.
- Vamos então para o **nó 17** e fazemos a mesma verificação, constatando que para chegar até o nó 17, **viemos do nó 18**.
- Vamos então para o **nó 18** e fazemos a mesma verificação, constatando que para chegar até o nó 18, **viemos do nó 19**.
- Vamos então para o **nó 19** e fazemos a mesma verificação, constatando que para chegar até o nó 19, **viemos do nó 20**.
- Vamos então para o **nó 20** e fazemos a mesma verificação, constatando que para chegar até o nó 20, **viemos do nó 11**.
- E finalmente vamos então para o **nó 11** e fazemos a mesma verificação, constatando que para chegar até o nó 11, **viemos do nó 1, que é o nosso ponto inicial**.

Desta forma para irmos **do nó 1 ao nó 4** seguiremos o caminho **1-11-20-19-18-17-16-4**.

E o **tempo total** de viagem será de **75 minutos**, este **valor está anotado ao lado do nó 4** antes do parêntesis, conforme pode ser visto na figura ao lado.

REDES DE TRANSPORTES

Estas informações, referentes a “*árvore do caminho mínimo*”, também podem também ser expressas através de uma matriz.



Tal procedimento facilita a análise computacional dos problemas. A matriz é muito semelhante a uma matriz origem e destino, a diferença é que neste caso escrevemos o tempo (*ou custo*) total de viagem, na matriz.

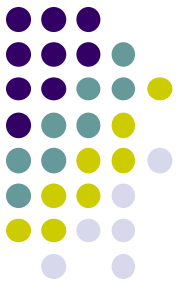
A tabela abaixo mostra a matriz gerada para a situação anterior.

Matriz de caminho mínimo (tempo) para os nós de 1 a 9 (cidades)

		Chegando-se ao nó								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Partindo-se do nó	1	0	26	58	75	65	46	44	50	23
	2	26	0	42	81	71	52	50	75	48
	3	58	42	0	52	62	74	80	107	80
	4	75	81	52	0	20	54	65	94	90
	5	65	71	62	20	0	44	55	84	80
	6	46	52	74	54	44	0	36	65	61
	7	44	50	80	65	55	36	0	55	51
	8	50	75	107	94	84	65	55	0	43
	9	23	48	80	90	88	61	51	43	0

A diagonal principal é zero, devido ao fato de o tempo (ou custo) de viagem de um ponto até ele mesmo é, a princípio, zero (0);

A parte inferior (*abaixo da diagonal*) nada mais é do que o rebatimento da parte superior (*acima da diagonal*), pois o tempo (custo) para se ir de 1 a 8 deve ser o mesmo gasto para se ir de 8 a 1.



FIM